

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ АНТРОПОГЕННЫХ КАРБОНАТОВ ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Соктоев Б.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, bulatsoktoev@gmail.com

Карбонатные отложения широко распространены на Земле, занимая около 15 % поверхности суши, при этом они являются одним из основных компонентов осадочного чехла платформ. Главными минералами, слагающими данные отложения, являются кальцит, доломит и арагонит [Карбонаты ..., 1987].

В антропогенных условиях карбонатные отложения также широко распространены, особенно в системах снабжения, распределения и транспортировки воды. Одним из мест, где можно обнаружить карбонаты, является бытовая теплообменная аппаратура (чаще всего электрические чайники, иногда самовары, котлы, кастрюли). В данном случае формирование отложений (известных, прежде всего, как накипь) связано с достижением состояния пересыщения по CaCO_3 по мере увеличения температуры в процессе кипячения воды.

Исследование элементного и минерального состава данных образований были начаты на кафедре геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (ГЭГХ ТПУ) в 1990-х гг. [Эколого-геохимические ..., 2006; Арынова, 2017; Монголина, 2011; Соктоев, 2015 и др.]. За это время накоплена обширная база данных (более 1000 проб), характеризующая территорию Томской, Иркутской, Челябинской (все – Россия), Павлодарской (Казахстан) областей, Республик Алтай, Башкортостан и Бурятия (Россия). Для определения минерального состава и форм нахождения химических элементов используются методы рентгеновской дифрактометрии (D2 Phaser компании «Bruker»), сканирующей электронной микроскопии (Hitachi S-3400N с энергодисперсионной приставкой Bruker XFlash 4010) на базе Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» кафедры ГЭГХ ТПУ.

Данные рентгеновской дифрактометрии показывают, что основными минералами, слагающими вещество накипи, являются кальцит и арагонит в различных соотношениях. Вопрос соотношения данных минералов в карбонатных отложениях является одним из самых обсуждаемых в научной литературе: среди возможных причин упоминаются температура, ионная сила раствора, ряд катионов и анионов, органическое вещество. В исследованиях на территории Байкальского региона мы выявили,

что кальцит образуется преимущественно в пробах с высоким содержанием Fe, Co, Cr (коэффициент корреляции составляет 0,76-0,98), а арагонит – со Sr (коэффициент корреляции – 0,7). Полученные данные хорошо увязываются с особенностями поведения Sr в процессе седиментогенеза как фактора, который контролирует формирование арагонита: при его накоплении происходит изменение структуры карбоната – от тригональной (кальцит) до ромбической (арагонит). Во многих случаях в накипи встречается магниезальный кальцит с различным процентом замещения Ca^{2+} на Mg^{2+} (от 3 до 13 %). Однако, встречаются и собственные минеральные фазы данного элемента, например, гидромагnezит $(\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ и брусит $(\text{Mg}(\text{OH})_2)$. Природным аналогом накипи, исходя из преобладающих минералов, могут выступать травертины – карбонатные образования, формирующиеся в различных геологических обстановках [Pentecost, 2005].

В составе накипи методом рентгеновской дифрактометрии обнаружены собственные минеральные фазы ряда химических элементов, характеризующихся повышенными концентрациями в составе накипи: Na – до 10 %, Zn – до 10,6 %, Sr – до 2,5 %, Ba – до 1 %. Были обнаружены следующие минералы: гемиморфит $(\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot n\text{H}_2\text{O})$, барит (BaSO_4) , стронцианит (SrCO_3) , ангидрит (CaSO_4) , гипс $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, кварц (SiO_2) , галит (NaCl) , трона $(\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$. В районах размещения хвостохранилищ горнорудных предприятий в составе накипи фиксируются минералы, характерные для руд разрабатываемых месторождений: например, в зоне влияния Комсомольского хвостохранилища (Кемеровская область) был обнаружен феттелит $([\text{Ag}_6\text{As}_2\text{S}_7][\text{Ag}_{10}\text{HgAs}_2\text{S}_8])$ [Биогеохимический ..., 2017].

Метод сканирующей электронной микроскопии позволил обнаружить минеральные фазы гораздо большего количества химических элементов: к выше упомянутым добавляются Ag, Au, Cu, Ni, Pb, REE, Ta. Данные химические элементы находятся в форме карбонатов, фосфатов, алюмосиликатов, сульфидов, а также в самородной форме. При этом большая часть подобных образований обнаружена в пробах, приуроченных к месторождениям, либо потенциальным рудным районам.

Таким образом, основными минералами, слагающими накипь, являются кальцит и арагонит. Кроме того, повышенные концентрации ряда химических элементов, вероятнее всего, обусловлены наличием собственных минеральных фаз.

Исследования на Комсомольском хвостохранилище (Кемеровская область) выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ (№ 15-17-10011).

ЛИТЕРАТУРА

1. Арынова Ш.Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2017. 22 с.
2. Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учетом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов / Л.П. Рихванов и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. 437 с.
3. Карбонаты: минералогия и химия: пер. с англ. / под ред. Р.Дж. Ридера. М.: Мир, 1987. 496 с.
4. Монголина Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2011. 21 с.
5. Соктоев Б.Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2015. 22 с.
6. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов и др. Томск: Курсив, 2006. 216 с.
7. Pentecost A. Travertine. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 445 p.